蛇含委陵菜的化学成分及抗炎活性研究

张 宝[1]，刘 佳[1]，匡维米[2,3]，蒋 礼[2]，李勇军[2]，李 悦[1*]
（1. 贵阳市妇幼保健院/贵阳市儿童医院 药学部，贵阳 550003；2. 贵州医科大学 贵州省药物制剂重点实验室，贵阳 550004；3. 贵州医科大学 药学院，贵阳 550025）

摘 要：为了研究蛇含委陵菜(*Potentilla kleiniana*)的化学成分及其抗炎活性，该文利用 D-101 大孔树脂、硅胶及 Toyopearl HW-40F 等色谱技术对蛇含委陵菜 60%乙醇提取物进行分离纯化，通过核磁共振波谱（NMR）、高分辨质谱（HR-ESI-MS）鉴定化合物的结构，采用小鼠巨噬细胞（RAW 264.7）体外炎症模型评价化合物的抗炎活性。结果表明：（1）从蛇含委陵菜中分离得到 15 个化合物，分别鉴定为 2-(heptadecanoyloxy)propane-1,3-diyl distearate（**1**）、9,12,13-三羟基-10,15-十八二烯酸（**2**）、9,12,13-三羟基-10,15-十八二烯酸甲酯（**3**）、2,2′-氧代双（1,4-二叔丁苯）（**4**）、大黄素（**5**）、大黄酚（**6**）、(6*R*,9*R*)-3-酮-*α*-紫罗兰醇-9-*O*-*β*-D-吡喃葡萄糖苷（**7**）、新穿心莲内酯（**8**）、甲基-*α*-D-呋喃果糖苷（**9**）、1-*O*-*β*-D-吡喃果糖-*α*-D-吡喃阿洛糖苷（**10**）、对香豆酸（**11**）、cesternosides A（**12**）、koaburaside（**13**）、芪草素（**14**）、异芪草素（**15**），均首次从委陵菜属植物中分离得到。（2）抗炎实验结果显示，化合物 **1**–**3**、**8**、**11**–**15** 具有一定的 NO 释放抑制活性，其中化合物 **8** 在 25 μmol·L^{-1} 浓度下抑制率为 72.5%。该研究丰富了蛇含委陵菜的植物化学信息，明确了脂肪酸衍生物、酚性成分及二萜类成分是其抗炎活性成分，为蛇含委陵菜的进一步开发利用提供理论依据。

关键词：蛇含委陵菜，化学成分，分离纯化，结构鉴定，抗炎活性
中图分类号：Q946　　　　**文献标识码:** A

Chemical constituents from *Potentilla kleiniana* and their anti-inflammatory activity

ZHANG Bao[1], LIU Jia[1], KUANG Weimi[2,3], JIANG Li[2], LI Yongjun[2], LI Yue[1*]
(1. *Department of Pharmacy*, *Guiyang Maternal and Child Healthcare Hospital & Guiyang Children's Hospita*, Guiyang 550003, China; 2. *Guizhou Provincial Key Laboratory of Pharmaceutics*, *Guizhou Medical University*, Guiyang 550004, China; 3. *College of Pharmacy*, *Guizhou Medical University*, Guiyang 550025, China)

Abstract: The purpose of this paper is to investigate the chemical constituents of *Potentilla kleiniana* and their anti-inflammatory activity. The 60% ethanol extract of *P. kleiniana* were isolated by D-101 macroporous adsorptive resins, silica gel, Toyopearl HW-40F and other methods, and their chemical structures were elucidated on the basis of NMR and HR-ESI-MS analysis. Meanwhile, the anti-inflammatory activity of the compounds was evaluated by mouse macrophage (RAW 264.7) inflammatory model induced by lipopolysaccharide (LPS) *in vitro*. The results were as follows: (1) Fifteen compounds were isolated and identified from *P. kleiniana* as 2-(heptadecanoyloxy)propane-1,3-diyl distearate (**1**), 9,12,13-trihydroxy-10,15-octadecadienoic acid

基金项目：贵州省中医药、民族医药科学技术研究专项（QZYY-2021-176）；贵州省高层次创新人才培养计划项目（20165677）[Supported by Traditional Chinese Medicine, Ethnic Medicine Science and Technology Research Special Project of Guizhou Province (QZYY-2021-176); High-level Innovative Talents Training Program of Guizhou Province (20165677)]。

第一作者：张宝（1993-），硕士，主管药师，主要从事中药药效物质基础及质量控制研究，（E-mail）1004800340@qq.com。
[*]**通信作者：**李悦，硕士，副主任药师，主要从事中药药效物质基础及药理学研究，（E-mail）liyue_0407@163.com。

(**2**), methyl-9,12,13-trihydroxyoctadeca-10,15-dienoate (**3**), 2,2′-oxybis(1,4-di-tert-butylbenzene) (**4**), emodin (**5**), chrysophanol (**6**), (6*R*,9*R*)-3-oxo-*α*-ionol-9-*O*-*β*-D-glucopyranoside (**7**), neo-andrographolide (**8**), methyl-*α*-D-fructofuranosides (**9**), 1-*O*-*β*-D-fructofuranosyl-*α*-D-allopyranos (**10**), *p*-coumaric acid (**11**), cesternosides A (**12**), koaburaside (**13**), orientin (**14**), isoorientin (**15**). Compounds **1-15** were obtained from *Potentilla* genus for the first time. (2) The anti-inflammatory test results showed that compounds **1**−**3**, **8**, and **11**−**15** had moderate inhibitory activities on NO production, and the inhibition rate of **8** was 72.5% at the concentrations of 25 μmol·L^{-1}. In conclusion, the study enriches the phytochemical information of *P. kleiniana*, and clarifies that fatty acid derivatives, phenolic components and diterpenoids are anti-inflammatory active components, which provide a theoretical basis for further exploitation of *P. kleiniana*.

Key words: *Potentilla kleiniana*, chemical constituents, isolation and purification, structural identification, anti-inflammatory activity

蛇含委陵菜（*Potentilla kleiniana*）为蔷薇科委陵菜属一年生、二年生或多年生宿根草本植物，又名五匹风、五皮风、地五甲、五爪龙等，在我国主要分布于广西、贵州、云南、四川等地（中国科学院中国植物志编辑委员会，1985；贵州省中药材、民族药材质量标准编审委员会，2003）。蛇含委陵菜味苦、性微寒，归肝、肺经，具有祛风止咳、搜风剔邪、清热解毒等功效，在贵州省苗族、布依族及侗族等少数民族地区常用于治疗肺炎、风湿关节炎等炎性疾病（罗迎春和孙庆文，2013）。目前对蛇含委陵菜的化学成分及生物活性鲜有研究，已报道的化学成分主要包括三萜类和黄酮类（黄易安，2008；李胜华等，2011），生物活性侧重于提取物的抗菌、抗炎、降糖活性筛选（李胜华等，2014；张晨光等，2018；Liu et al., 2019），其抗炎物质基础不明确。为了进一步丰富该药用植物的化学成分信息，明确其抗炎活性物质，促进其开发利用，本研究以黔产蛇含委陵菜全株为研究对象，采用现代色谱分离技术、光谱学手段及药理学方法，拟探讨：（1）蛇含委陵菜 60%乙醇提取物的化学成分；（2）分离得到的化合物的体外抗炎活性。

1 材料与仪器

1.1 材料

蛇含委陵菜药材采自贵州省贵阳市花溪区高坡乡，经贵州医科大学刘春花副教授鉴定为蔷薇科植物蛇含委陵菜（*Potentilla kleiniana*）全草（图 1）。标本保存于贵州医科大学贵州省药物制剂重点实验室，凭证号为 NO.20210416。

1.2 仪器

高分辨质谱仪（Theemo Fisher Q Exactive-Plus 四级杆-静电场轨道肼，Theemo Fisher Scientific 公司，美国）；核磁共振波谱仪（Bruker AV-600 型，Bruker 公司，德国；JEOL-ECS-400 MHz 型，JEOL，日本）；旋转蒸发仪（BUCHIR-300 型，BUCHI 公司，瑞士）；超纯水机（KZ-20L 型，上海科制环保设备有限公司）；MCI（CHP20/P120，三菱公司，日本）；D-101 大孔树脂（天津市海光化工有限公司）；柱层析硅胶及硅胶 GF_{254} 预制板（青岛海洋化工厂）；Sephadex LH-20（Pharmacia Biotech 公司，瑞士）；Toyopearl HW 40F（JEOL，日本）；电热恒温培养箱（DHP-9052 型，上海一恒科学仪器有限公司）。

1.3 试剂

DMEM 高糖培养基、胎牛血清（fetal bovine serum, FBS）（Gibco 公司，美国）；CCK-8 试剂盒（Glpbio 公司，美国）；NO 试剂盒（南京建成生物工程研究所）；脂多糖（lipopolysaccharide, LPS）（北京索莱宝科技有限公司）；地塞米松（上海甄准生物科技有限公司）；小鼠巨噬细胞 RAW 264.7（美国模式培养物集存库，美国）。其余化学试剂均

为分析纯。



图 1 蛇含委陵菜标本

Fig.1 The sample of *Potentilla kleiniana*

2 实验方法

2.1 提取与分离

取蛇含委陵菜干燥全草 15 kg，粉碎后用乙醇-水（60:40，*V*/*V*）回流提取 3 次（2、1.5、1.5 h），提取液合并后减压浓缩至浸膏（2.1 kg）。浸膏加入适量蒸馏水，超声震荡分散，经 D-101 大孔树脂，用乙醇-水（0:100，50:50，95:5，*V*/*V*）洗脱，收集各部分洗脱液，减压浓缩。其中 50%乙醇部位（428 g）经正相硅胶柱层析（硅胶：200~300 目；洗脱剂：氯仿-甲醇 50:1~1:1，*V*/*V*）洗脱，得到 9 个组分（Fr.A~I）。

Fr.B 减压浓缩并放至室温后析出少量难溶性粉末状沉淀，过滤沉淀备用，滤液经正相硅胶柱层析（硅胶：300~400 目；洗脱剂：二氯甲烷-甲醇 100:1，*V*/*V*）得到 Fr.B1~B3。Fr.B3 经正相硅胶柱层析（硅胶：300~400 目；洗脱剂：石油醚-丙酮 20:1，*V*/*V*）得到 Fr.B3.1~3.6。Fr.B3.6 依次经过 Sephadex LH-20（二氯甲烷-甲醇 1:1，*V*/*V*）、正相硅胶（硅胶：300~400 目；洗脱剂：二氯甲烷-甲醇 100:1，*V*/*V*）柱层析纯化，得化合物 **1**（10.4 mg）、**6**（15.1 mg）。

Fr.C 经正相硅胶柱层析（硅胶：200~300 目；洗脱剂：石油醚-乙酸乙酯 20:1~1:1，*V*/*V*）梯度洗脱得到 Fr.C1~C4。Fr.C2~C4 经反复正相硅胶、Sephadex LH-20（二氯甲烷-甲醇 1:1，*V*/*V*）、Toyopearl HW-40F（二氯甲烷-甲醇 1:1，*V*/*V*）、ODS（甲醇-水 80:20~95:5，*V*/*V*）柱层析纯化，最终得到化合物 **2**（11.8 mg）、**3**（13.2 mg）、**4**（2.9 mg）、**5**（11.3 mg）、**8**（6.3 mg）、**11**（5.3 mg）。

Fr.D 经 MCI 柱层析，乙醇-水（30:70，40:60，50:50，60:40，70:30，80:20，90:10，100:0，*V*/*V*）梯度洗脱得到 Fr.D1~D8。Fr.D2 减压浓缩并放至室温后析出少量难溶性粉末状沉淀，过滤沉淀备用，滤液经正相硅胶柱层析（硅胶：300~400 目；洗脱剂：二氯甲烷-甲醇 20:1，*V*/*V*）得 6 个组分，其中 Fr.D2.3~D2.4 经反复 Sephadex LH-20（甲醇）、ODS（甲醇-水 30:70~60:40，*V*/*V*）、Toyopearl HW-40F（甲醇）纯化，得化合物 **7**（7.2 mg）、**12**（12.3 mg）。Fr.D4 经正相硅胶柱层析（硅胶：300~400 目；洗脱剂：二氯甲烷-甲醇 10:1~2:1，*V*/*V*）得 9 个组分，其中 Fr.D4.5 依次经 Sephadex LH-20（甲醇）、半制备 HPLC [22%甲醇-水溶液洗脱]得化合物 **14**（3.8 mg）、**15**（4.1 mg）。

Fr.F 经 Sephadex LH-20 凝胶柱色谱（甲醇）得到 Fr.F1~F6，其中 Fr.F2 经 Sephadex LH-

20 凝胶柱色谱（甲醇）得 Fr.F2.1~F2.2。Fr.F2.2 经反复正相硅胶（硅胶：300~400 目；洗脱剂：二氯甲烷-甲醇 10:1~2:1，*V*/*V*）、Sephadex LH-20（甲醇）、Toyopearl HW-40F（甲醇）柱层析纯化，得化合物 **9**（19.0 mg）、**10**（95.9 mg）、**13**（5.5 mg）。

2.2 抗炎活性测试

安全浓度考察：采用 CCK-8 法考察各化合物的安全浓度，分别给予不同浓度的化合物溶液作用于 RAW 264.7 细胞 24 h 后检测细胞活力，通过细胞存活率确定化合物的安全浓度范围。

取对数生长期 RAW 264.7 细胞（调整细胞浓度为每毫升 3×10^5 个）接种于 96 孔板中，每孔 100 μL，实验设置空白对照组、模型组、地塞米松组（阳性药组）和药物组（待测化合物），每组设置 3 个平行孔，于培养箱中培养 24 h。细胞同时用 0.25 $\mu g\cdot mL^{-1}$ LPS 和不同浓度梯度的待测化合物刺激 24 h 后，收集上清液，按照试剂盒说明书检测方法测定 NO 的含量，计算 NO 释放抑制率。

3 结果与分析

3.1 结构鉴定

化合物 **1**　白色无定型粉末，易溶于氯仿、吡啶、DMSO，难溶于甲醇、丙酮。HR-ESI-MS *m/z*: 899.803 5 $[M+Na]^+$（$C_{56}H_{108}O_6Na$，理论值：899.803 8），结合 ^{1}H-NMR 和 ^{13}C-NMR 推测分子式为 $C_{56}H_{108}O_6$。^{1}H-NMR (400 MHz, $CDCl_3$) 谱显示 108 个质子信号，从低场至高场区依次为 1 个次甲基质子信号[δ: 5.24 (1H, m, H-2)]、49 个亚甲基质子信号[δ: 4.27 (2H, dd, *J* = 12.0, 4.8 Hz, H-1a, 3a), 4.12 (2H, dd, *J* = 12.0, 6.0 Hz, H-1b, 3b), 2.29 (6H, m, H-2′, 2″, 2‴), 1.58 (6H, m, H-3′, 3″, 3‴), 1.24 (82H, overlap, H-4′-17′, 4″-16″, 4‴-17‴)]、3 个甲基质子信号[δ: 0.85 (9H, t, *J* = 6.8 Hz, H-18′, 17″, 18‴)]。由 ^{13}C-NMR 和 HMQC 谱推测，该结构中包含 3 个羰基碳信号[δ: 173.3 (C-1′, 1‴) , 172.9 (C-1″)]、2 个连氧亚甲基碳信号[δ: 62.1 (C-1, 3)]、1 个连氧次甲基碳信号[δ: 68.8 (C-2)]、3 个甲基碳信号[δ: 14.1 (C-18′, 17″, 18‴)]，余下碳信号为亚甲基信号。该化合物的 ^{1}H-NMR 和 ^{13}C-NMR 数据与文献（Abdulmumeen et al.，2017）报道的化合物 1,2,3-propanetriyl tris(hexadecanoate)相似，区别仅在于化合物 **1** 高场区多 5 个-CH_2-信号。综合 HR-ESI-MS、^{1}H-NMR 和 ^{13}C-NMR 数据分析，推测化合物为 2-(heptadecanoyloxy)propane-1,3-diyl distearate。文献检索未发现 2-(heptadecanoyloxy)propane-1,3-diyl distearate 的核磁数据，通过 HMQC 和 HMBC 进一步确证该化合物的结构，见图 2 和表 1。HMBC 谱显示，H-1b/C-1′、H-3b/C-1‴、H-1a/C-1′、H-3a/C-1‴、H-1b/C-2 和 H-3b/C-2 可确证并归属甘油三脂基本骨架。H-2′, 2″, 2‴分别与 C-1′, 1″, 1‴相关，H-3′, 3″, 3‴分别与 C-1′, 1″,1‴和 C-4′, 4″,4‴相关，H-18′, 17″, 18‴分别与 C-17′, 16″, 17‴和 C-16′, 15″,16‴相关，可确证烷烃片段的连接并归属其核磁数据。

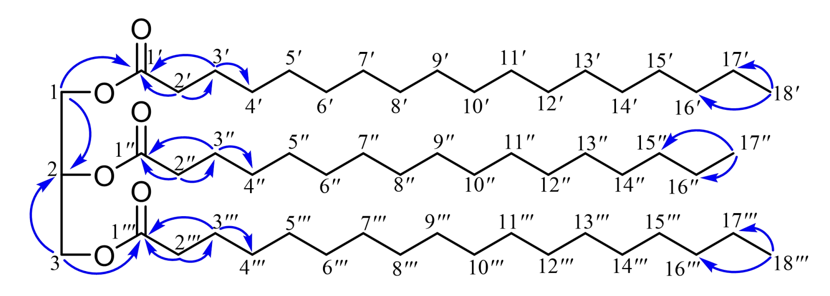


图 2 化合物 **1** 主要的 HMBC 相关

Fig.2 Key HMBC correlations of Compound **1**

表 1 化合物 **1** 的 ^{1}H-NMR (400 MHz, $CDCl_3$)和 ^{13}C-NMR (100 MHz, $CDCl_3$) 数据

Table 1 ^{1}H-NMR (400 MHz, $CDCl_3$) and ^{13}C-NMR (100 MHz, $CDCl_3$) of Compound **1**

位置 Position	δ_H	δ_C
1, 3	4.27 (2H, dd, *J* = 12.0, 4.8 Hz)	62.1×2
	4.12 (2H, dd, *J* = 12.0, 6.0 Hz)	—
2	5.24 (1H, m)	68.8
1′,1‴	—	173.3×2
1″	—	172.9
2″, 2′, 2‴	2.29 (6H, m)	34.2, 34.0×2
3″, 3′, 3‴	1.58 (6H, m)	24.9, 24.8×2
4′, 4″, 4‴		29.1×3
5′, 5″, 5‴		29.4×3
6′, 6″, 6‴		29.3×3
7′, 7″, 7‴	1.24 (82H, overlap)	29.7×3
8′, 8″, 8‴		29.5×3
9′-15′, 9″-14″, 9‴-15‴		29.7×20
16′, 15″,16‴		31.9×3
17′, 16″,17‴		22.7×3
18′, 17″,18‴	0.85 (9H, t, *J* = 6.8 Hz)	14.1×3

化合物 **2** 透明油状物。HR-ESI-MS *m/z*: 327.217 7 $[M-H]^-$（$C_{18}H_{31}O_5$，理论值：327.217 7），分子式为 $C_{18}H_{32}O_5$。^{1}H-NMR (400 MHz, CD_3OD) δ: 5.57 (2H, m, H-10, 11), 5.41 (1H, m, H-16), 5.35 (1H, m, H-15), 3.89 (1H, dd, *J* = 10.8, 6.0 Hz, H-9), 3.79 (1H, t, *J* = 4.8 Hz, H-13), 3.27 (1H, m, H-12), 2.19 (1H, m, H-14a), 1.97 (2H, m, H-17), 1.92 (1H, m, H-14b), 1.88 (2H, m, H-2), 1.39 (2H, m, H-4), 1.32 (2H, m, H-8), 1.25 (2H, m, H-3), 1.21 (6H, m, H-5, 6, 7), 0.90 (3H, t, *J* = 7.8 Hz, H-18); ^{13}C-NMR (100 MHz, CD_3OD) δ: 177.1 (C-1), 134.5 (C-10), 131.8 (C-15), 129.8 (C-11), 126.7 (C-16), 74.0 (C-12), 73.7 (C-13), 70.7 (C-9), 38.0 (C-2), 37.4 (C-8), 30.2 (C-14), 29.2 (C-5), 29.1 (C-6, 7), 26.3 (C-4), 24.9 (C-3), 20.2 (C-17), 14.2 (C-18)。以上数据与文献（李帅等，2003）报道基本一致，故鉴定为 9,12,13-三羟基-10,15-十八碳二烯酸。

化合物 **3** 淡黄色粉末。HR-ESI-MS *m/z*: 341.233 1 $[M-H]^-$（$C_{19}H_{33}O_5$，理论值：341.232 3），分子式为 $C_{19}H_{34}O_5$。^{1}H-NMR (400 MHz, CD_3OD) δ: 5.69 (2H, m, H-10, 11), 5.45 (2H, m, H-15, 16), 4.06 (1H, m, H-9), 3.95 (1H, m, H-12), 3.64 (3H, s, $-OCH_3$), 3.45 (1H, m, H-13), 2.31 (3H, m, H-2, 14a), 2.08 (3H, m, H-14b, 17), 1.59 (2H, m, H-3), 1.49 (2H, m, H-8), 1.32 (8H, s, H-4, 5, 6, 7), 0.96 (3H, t, *J* = 7.6 Hz, H-18); ^{13}C-NMR (100 MHz, CD_3OD) δ: 176.0 (C-1), 136.5 (C-10), 134.3 (C-15), 131.1 (C-11), 126.4 (C-16), 75.9 (C-12), 75.8 (C-13), 73.0 (C-9), 52.0 ($-OCH_3$), 38.3 (C-8), 34.8 (C-2), 31.5 (C-14), 30.6 (C-7), 30.4 (C-6), 30.2 (C-5), 26.5 (C-4), 26.0 (C-3), 21.7 (C-17), 14.6 (C-18)。以上数据与文献（杨炳友等，2017）报道基本一致，故鉴定为 9,12,13-三羟基-10,15-十八碳二烯酸甲酯。

化合物 **4** 黄色油状物。HR-ESI-MS *m/z*: 395.331 6 $[M+H]^+$（$C_{28}H_{43}O$，理论值：395.330 8），分子式为 $C_{28}H_{42}O$。^{1}H-NMR (400 MHz, CD_3OD) δ: 7.45 (2H, d, *J* = 8.8 Hz, H-6, 6′), 7.45 (2H, d, *J* = 2.4 Hz, H-3, 3′), 7.21 (2H, dd, *J* = 8.8, 2.4 Hz, H-5, 5′), 1.33 (18H, s, H-12-14, H-12′-14′), 1.30 (18H, s, H-8-10, H-8′-10′); ^{13}C-NMR (100 MHz, CD_3OD) δ: 149.1 (C-2, 2′), 148.8 (C-1, 1′), 139.9 (C-4), 139.8 (C-4′), 125.9 (C-3, 3′), 125.2 (C-5, 5′), 120.0 (C-6, 6′), 35.9 (C-7, 7′), 35.5 (C-11, 11′), 31.8 (C-8-10, 8′-10′), 30.8 (C-12-14, 12′-14′)。以上数据与文献（Cao et al., 2020）报道基本一致，故鉴定为 2,2′-氧代双（1,4-二叔丁苯）。

化合物 **5** 黄色粉末。HR-ESI-MS *m/z*: 269.045 5 $[M-H]^-$（$C_{15}H_9O_5$，理论值：269.045 6），分子式为 $C_{15}H_{10}O_5$。^{1}H-NMR (400 MHz, DMSO-d_6) δ: 12.03 (1H, s, 1-OH), 11.96 (1H, s, 8-OH), 11.27 (1H, s, 6-OH), 7.46 (1H, s, H-4), 7.13 (1H, s, H-2), 7.10 (1H, d, *J* = 2.4 Hz, H-5), 6.57 (1H, d, *J* = 2.4 Hz, H-7), 2.40 (3H, s, $-CH_3$); ^{13}C-NMR (100 MHz, DMSO-d_6) δ: 189.6 (C-9), 181.2 (C-10), 165.5 (C-6), 164.4 (C-8), 161.4 (C-1), 148.2 (C-3), 135.0 (C-10a), 132.7 (C-4a),

124.1 (C-2), 120.4 (C-4), 113.3 (C-9a), 108.9 (C-8a), 108.7 (C-5), 107.9 (C-7), 21.5 (-CH_3)。以上数据与文献（Kharlamova, 2007）报道基本一致，故鉴定为大黄素。

化合物 **6** 黄色粉末。HR-ESI-MS *m/z*: 253.050 6 $[M-H]^-$（$C_{15}H_9O_4$，理论值：253.049 5），分子式为 $C_{15}H_{10}O_4$。^{1}H-NMR (400 MHz, DMSO-d_6) δ: 7.79 (1H, dd, J = 8.4, 7.6 Hz, H-6), 7.69 (1H, dd, J = 7.6, 1.2 Hz, H-5), 7.53 (1H, d, J = 1.2 Hz, H-4), 7.37 (1H, dd, J = 8.4, 1.2 Hz, H-7), 7.20 (1H, d, J = 1.2 Hz, H-2); ^{13}C-NMR (100 MHz, DMSO-d_6) δ: 191.6 (C-9), 181.4 (C-10), 161.5 (C-8), 161.3 (C-1), 149.1 (C-3), 137.3 (C-6), 133.3 (C-10a), 133.0 (C-4a), 124.4 (C-2), 124.0 (C-7), 120.5 (C-4), 119.3 (C-5), 115.8 (C-8a), 113.7 (C-9a), 21.6 (-CH_3)。以上数据与文献（Zhou et al., 2006）报道基本一致，故鉴定为大黄酚。

化合物 **7** 白色粉末。HR-ESI-MS *m/z*: 393.187 9 $[M+Na]^+$（$C_{19}H_{30}O_7Na$，理论值：393.188 4），分子式为 $C_{19}H_{30}O_7$。^{1}H-NMR (400 MHz, CD_3OD) δ: 5.87 (1H, s, H-4), 5.77 (1H, dd, J = 15.2, 6.4 Hz, H-8), 5.63 (1H, dd, J = 15.2, 9.2 Hz, H-7), 4.38 (1H, m, H-9), 3.81 (1H, dd, J = 11.6, 2.0 Hz, H-6′α), 3.65 (1H, dd, J = 11.6, 5.2 Hz, H-6′β), 2.67 (1H, d, J = 9.2, H-6), 2.42 (1H, d, J = 16.8, H-2α), 2.04 (1H, d, J = 16.8, H-2β), 1.93 (3H, d, J = 0.8, H-13), 1.28 (3H, d, J = 6.4, H-10), 1.00 (3H, s, H-11), 1.02 (3H, s, H-12); ^{13}C-NMR (100 MHz, CD_3OD) δ: 202.0 (C-3), 165.8 (C-5), 138.2 (C-8), 128.8 (C-7), 126.1 (C-4), 102.4 (C-1′), 78.1 (C-5′), 78.0 (C-3′), 77.0 (C-9), 75.2 (C-2′), 71.5 (C-4′), 62.7 (C-6′), 56.7 (C-6), 37.1 (C-1), 28.0 (C-12), 27.6 (C-16), 23.8 (C-13), 21.0 (C-10)。以上数据与文献（彭冰等，2014）报道基本一致，故鉴定为(6*R*,9*R*)-3-酮-*α*-紫罗兰醇-9-*O*-*β*-D-吡喃葡萄糖苷。

化合物 **8** 白色粉末。HR-ESI-MS *m/z*: 503.260 7 $[M+Na]^+$（$C_{26}H_{40}O_8Na$，理论值：503.261 5），分子式为 $C_{26}H_{40}O_8$。^{1}H-NMR (400 MHz, C_5D_5N) δ: 7.15 (1H, t, J = 1.6 Hz, H-14), 4.90 (1H, s, H-17b), 4.83 (1H, d, J = 7.6 Hz, H-1′), 4.72 (1H, s, H-17a), 4.33 (1H, d, J = 9.6 Hz, H-19b), 3.49 (1H, d, J = 9.6 Hz, H-19a), 1.19 (3H, s, 18-CH_3), 0.64 (3H, s, 20-CH_3); ^{13}C-NMR (100 MHz, C_5D_5N) δ: 174.6 (C-16), 148.2 (C-8), 145.4 (C-14), 134.2 (C-13), 107.0 (C-17), 105.5 (C-1′), 78.8 (C-3′), 78.4 (C-5′), 75.4 (C-2′), 72.6 (C-19), 71.8 (C-4′), 70.6 (C-15), 62.9 (C-6′), 56.7 (C-9), 56.2 (C-5), 39.8 (C-4), 39.1 (C-1), 38.8 (C-7), 38.7 (C-10), 36.4 (C-3), 28.2 (C-18), 25.0 (C-12), 24.7 (C-6), 22.1 (C-11), 19.4 (C-12), 15.5 (C-20)。以上数据与文献（Sun et al., 2019）报道基本一致，故鉴定为新穿心莲内酯。

化合物 **9** 白色粉末。HR-ESI-MS *m/z*: 217.068 0 $[M+Na]^+$（$C_7H_{14}O_6Na$，理论值：217.068 3），分子式为 $C_7H_{14}O_6$。^{1}H-NMR (400 MHz, CD_3OD) δ: 4.02 (1H, d, J = 4.0 Hz, H-3), 3.88 (1H, dd, J = 6.4, 4.4 Hz, H-4), 3.83 (1H, m, H-5), 3.73 (1H, t, J = 3.2 Hz, H-1a), 3.69 (1H, s, H-1b), 3.62 (2H, m, H-6), 3.30 (3H, s, -OCH_3); ^{13}C-NMR (100 MHz, CD_3OD) δ: 109.2 (C-2), 84.6 (C-5), 82.5 (C-3), 78.9 (C-4), 62.8 (C-6), 60.5 (C-1), 48.9 (-OCH_3)。以上数据与文献（尹宏权等，2006）报道基本一致，故鉴定为甲基-*α*-D-呋喃果糖苷。

化合物 **10** 白色固体。HR-ESI-MS *m/z*: 343.121 6 $[M+H]^+$（$C_{12}H_{23}O_{11}$，理论值：343.123 5），分子式为 $C_{12}H_{22}O_{11}$。^{1}H-NMR (400 MHz, CD_3OD) δ: 4.87 (1H, overlap, H-1′), 4.13 (2H, overlap, H-4, 5), 4.01 (1H, overlap, H-3), 3.90 (2H, overlap, H-2′, 3′), 3.78 (2H, overlap, H-6b, 6′b), 3.74 (2H, overlap, H-4′, 5′), 3.63 (1H, overlap, H-1), 3.45 (2H, overlap, H-6a, 6′a); ^{13}C-NMR (100 MHz, CD_3OD) δ: 102.8 (C-2), 99.0 (C-1′), 82.5 (C-5), 77.1 (C-4), 76.2 (C-3), 71.3 (C-2′), 70.8 (C-5′), 69.0 (C-3′), 65.5 (C-4′), 64.2 (C-1, 6′), 63.8 (C-6)。以上数据与文献（Ye et al., 2020）报道基本一致，故鉴定为 1-*O*-*β*-D-吡喃果糖-*α*-D-吡喃阿洛糖苷。

化合物 **11** 白色粉末。HR-ESI-MS *m/z*: 163.039 1 $[M-H]^-$（$C_9H_7O_3$，理论值：163.040 1），分子式为 $C_9H_8O_3$。^{1}H-NMR (600 MHz, DMSO-d_6) δ: 7.49 (2H, d, J = 8.4 Hz, H-3, 5), 7.47 (1H, d, J = 16.2 Hz, H-7), 6.79 (2H, d, J = 8.4 Hz, H-2, 6), 6.29 (1H, d, J = 16.2 Hz, H-8);

^{13}C-NMR (150 MHz, DMSO-d_6) δ: 168.4 (C-9), 159.6 (C-4), 143.7 (C-7), 132.0 (C-6), 130.0 (C-2), 125.4 (C-1), 115.8 (C-3, 5), 114.9 (C-8)。以上数据与文献（屈珅玥等，2020）报道基本一致，故鉴定为对香豆酸。

化合物 **12** 白色粉末。HR-ESI-MS *m/z*: 367.135 7 [M+Na]$^+$（$C_{16}H_{24}O_8Na$，理论值：367.136 3），分子式为 $C_{16}H_{24}O_8$。^{1}H-NMR (400 MHz, CD_3OD) δ: 6.15 (1H, d, *J* = 2.4 Hz, H-5), 6.13 (1H, d, *J* = 2.4 Hz, H-3), 4.43 (1H, d, *J* = 7.8 Hz, H-1′), 3.83 (1H, dd, *J* = 12.0, 2.4 Hz, H-6′a), 3.78 (1H, dd, *J* = 12.0, 4.2 Hz, H-6′b), 3.49 (2H, overlap, H-7, 4′), 3.47 (1H, overlap, H-2′), 3.42 (1H, d, *J* = 9.0 Hz, H-3′), 3.24 (1H, m, H-5′), 1.58 (1H, m, H-8a), 1.50 (1H, m, H-8b), 1.08 (3H, d, *J* = 7.2 Hz, H-10), 0.87 (3H, t, *J* = 7.2 Hz, H-9); ^{13}C-NMR (100 MHz, CD_3OD) δ: 156.1 (C-4), 151.5 (C-6), 143.9 (C-2), 138.2 (C-1), 108.2 (C-1′), 104.7 (C-3), 102.1 (C-5), 78.4 (C-5′), 78.2 (C-3′), 75.6 (C-2′), 71.0 (C-4′), 62.2 (C-6′), 33.7 (C-7), 31.5 (C-8), 22.2 (C-10), 12.6 (C-9)。以上数据与文献（Sahai et al., 1994）报道基本一致，故鉴定为 cesternosides A。

化合物 **13** 白色粉末。HR-ESI-MS *m/z*: 355.099 0 [M+Na]$^+$（$C_{14}H_{20}O_9Na$，理论值：355.099 9），分子式为 $C_{14}H_{20}O_9$。^{1}H-NMR (400 MHz, DMSO-d_6) δ: 7.72 (1H, s, 4-OH), 6.38 (2H, s, H-2, 6), 4.67 (1H, d, *J* = 7.2 Hz, H-1′), 3.71 (6H, s, 2×-OCH_3); ^{13}C-NMR (100 MHz, DMSO-d_6) δ: 150.2 (C-4), 148.1 (C-2, 6), 130.5 (C-1), 101.6 (C-1′), 95.3 (C-3, 5), 77.0 (C-5′), 76.7 (C-3′), 73.2 (C-2′), 70.1 (C-4′), 60.8 (C-6′), 55.8 (2×-OCH_3)。以上数据与文献（Wu et al., 2013）报道基本一致，故鉴定为 koaburaside。

化合物 **14** 黄色粉末。HR-ESI-MS *m/z*: 471.089 0 [M+Na]$^+$（$C_{21}H_{20}O_{11}Na$，理论值：471.089 8），分子式为 $C_{21}H_{20}O_{11}$。^{1}H-NMR (600 MHz, DMSO-d_6) δ: 13.18 (1H, s, 5-OH), 7.53 (1H, d, *J* = 8.4 Hz, H-6′), 7.47 (1H, s, H-2′), 6.85 (1H, d, *J* = 8.4 Hz, H-5′), 6.63 (1H, s, H-3), 6.25 (1H, s, H-6), 4.68 (1H, d, *J* = 10.2 Hz, H-1″); ^{13}C-NMR (150 MHz, DMSO-d_6) δ: 182.0 (C-4), 164.0 (C-2), 162.2 (C-7), 160.4 (C-5), 156.0 (C-9), 149.9 (C-4′), 145.9 (C-3′), 121.8 (C-1′), 119.4 (C-6′), 115.7 (C-5′), 114.0 (C-2′), 104.6 (C-8, 10), 102.4 (C-3), 98.2 (C-6), 82.0 (C-5″), 78.8 (C-3″), 73.4 (C-1″), 70.8 (C-2″), 70.7 (C-4″), 61.7 (C-6″)。以上数据与文献（吴洪新等，2009）报道基本一致，故鉴定为荭草素。

化合物 **15** 黄色粉末。HR-ESI-MS *m/z*: 471.089 4 [M+Na]$^+$（$C_{21}H_{20}O_{11}Na$，理论值：471.089 8），分子式为 $C_{21}H_{20}O_{11}$。^{1}H-NMR (600 MHz, DMSO-d_6) δ: 13.57 (1H, s, 5-OH), 7.42 (1H, dd, *J* = 8.4, 2.4 Hz, H-6′), 7.40 (1H, d, *J* = 2.4 Hz, H-2′), 6.89 (1H, d, *J* = 8.4 Hz, H-5′), 6.68 (1H, s, H-3), 6.48 (1H, s, H-8), 4.58 (1H, d, *J* = 9.6 Hz, H-1″); ^{13}C-NMR (150 MHz, DMSO-d_6) δ: 181.9 (C-4), 163.7 (C-2), 163.3 (C-7), 160.7 (C-5), 156.2 (C-9), 149.7 (C-4′), 145.8 (C-3′), 121.4 (C-1′), 119.0 (C-6′), 116.1 (C-5′), 113.3 (C-2′), 108.9 (C-6), 103.4 (C-10), 102.8 (C-3), 93.5 (C-8), 81.6 (C-5″), 79.0 (C-3″), 73.0 (C-1″), 70.6 (C-2″), 70.2 (C-4″), 61.5 (C-6″)。以上数据与文献（吴洪新等，2009）报道基本一致，故鉴定为异荭草素。

图 3 化合物 **1**–**15** 化学结构式

Fig.3 Chemical structures of compounds **1**–**15**

3.2 抗炎活性测试结果

CCK-8 细胞毒性测试结果显示，化合物 **1**–**4**、**6**–**15** 在 25 μmol·L^{-1} 时，化合物 **5** 在 12.5 μmol·L^{-1} 时无明显毒性，故选择相应浓度下进行 NO 抑制活性实验。由表 2 可知，化合物 **1**–**3**（脂肪酸及其衍生物）、化合物 **8**（二萜类）、化合物 **11-15**（酚类）显示出一定的 NO 释放抑制活性，表明这些成分具有一定的抗炎活性，可能是蛇含委陵菜抗炎活性物质。

表 2 化合物 **1**–**15** 的 NO 释放抑制率（ $\bar{x}$±*s*, *n*=3）

Table 2 NO production inhibition rate of compounds **1**–**15**（ $\bar{x}$±*s*, *n*=3）

化合物 Compound	浓度 Concentration（μmol·L^{-1}）	抑制率 Inhibition rate（%）
1	25	50.3±2.1
2	25	56.2±1.3
3	25	58.6±1.5
4	25	18.9±2.5
5	12.5	10.8±1.8
6	25	25.5±3.1
7	25	28.3±2.3
8	25	72.5±2.7
9	25	12.2±2.9
10	25	18.5±2.5
11	25	58.0±1.6
12	25	63.8±1.1
13	25	66.4±1.3
14	25	62.5±1.2
15	25	55.0±1.9
地塞米松 Dexamethasone	25	81.5±1.2

4 讨论与结论

蛇含委陵菜是贵州苗族、侗族等少数民族习用药材，主要用于风湿性关节炎、乳腺炎、肺炎等疾病的治疗。目前，蛇含委陵菜的化学成分及其抗炎活性研究较少。该研究从蛇含委陵菜 60%乙醇提取物中分离得到 15 个化合物，均首次从委陵菜属植物中分离得到，包括脂肪酸衍生物（**1**–**3**）、二苯醚类化合物（**4**）、蒽醌类化合物（**5**，**6**）、萜类化合物（**7**，**8**）、苯丙素类化合物（**11**）、酚苷类化合物（**12**，**13**）、黄酮苷类化合物（**14**，**15**）及其他（**9**，**10**）。

脂多糖可诱导巨噬细胞 NF-κB 信号通路的激活，从而促进炎症因子的释放和 NO 的合成，而 NO 又与 AMPK/ NF-κB、TLR/ NF-κB 等通路的调节密切相关（安莉和孙丕忠，2020）。因此，本研究采用 LPS 诱导的小鼠巨噬细胞（RAW 264.7）体外炎症模型，通过测定 NO 释放抑制率来评价化合物的抗炎活性。抗炎结果表明化合物 **1**–**3**（脂肪酸及其衍生物）、化合物 **8**（二萜类）、化合物 **11**–**15**（酚性成分）具有一定的抗炎活性，其中新穿心莲内酯（**8**）在 25 μmol·L^{-1} 浓度下抑制率为 72.5%。据文献报道，碳十八碳烷酸及其衍生物大多具有较好的抗炎活性（张俊卿等，2021），化合物 **1**–**3** 可能通过参与 NF-κB 激活的调节、影响膜磷脂组成和脂质微结构域功能的改变从而产生抗炎作用，反相调节 NO 释放（Allijn et al., 2019）。新穿心莲内酯（**8**）对 NO 释放具有显著的抑制作用， 其可能通过清除 NO 自由基，阻断信号传递而产生抗炎作用（刘峻和王峥涛，2005），提示该化合物具有抗炎及免疫调节作用，具有作为抗炎先导化合物进行结构修饰的潜在价值。荭草素（**14**）和异荭草素（**15**）能够有效减少 LPS 诱导的炎性因子释放（NO、TNF-α 以及 IL-1β），抑制 MAPK 家族激酶及 NF-κB 等上游信号通路相关蛋白活化，降低促炎因子的表达，从而抑制炎症反应（罗成等，2016；万思琦等，2018）。各类物质的抗炎作用机制不尽相同，通过多成分协同发挥抗炎作用。

本研究进一步丰富了蛇含委陵菜的植物化学信息及化合物结构类型，明确了脂肪酸衍生物、二萜及酚性成分是其潜在的抗炎物质，为深入探索蛇含委陵菜的化学成分及抗炎机制奠定了基础，也为该药用植物的进一步开发利用提供科学依据。

参考文献：

ABDULMUMEEN AH, OLAPEJU OA, FATIMA K, et al., 2017. Isolation, characterization and antiproliferative evaluation of constituents from stem extracts of *Alafia barteri* Oliv. Hook. F. [J]. Med Chem Res, 26(12): 3407-3416.

ALLIJN IE, BRINKHUIS P, STORM G, et al., 2019. Anti-inflammatory properties of plant derived natural products-a systematic review[J]. Curr Med Chem, 26(24): 4506-4536.

AN L, SUN PZ, 2020. Effects of artemisinin on activation of NF-κB signaling pathway and NO synthesis in mouse macrophages induced by LPS[J]. J Zhengzhou Univ (Med Sci), 55(4): 504-508. ［安莉，孙丕忠，2020. 青蒿素对脂多糖诱导的小鼠巨噬细胞 NF-κB 信号通路激活和 NO 合成的影响[J]. 郑州大学学报（医学版），55（4）：504-508. ］

CAO J, YANG JN, ZHOU XQ, et al., 2020. Chemical constituents of *Psychotria hainanensis*[J]. Chem Nat Compd, 56(3): 533-534.

Editorial committee of Quality Standard of Guizhou Traditional Chinese medicine and ethnic Medicine, 2003. Quality standards for Chinese medicinal materials and ethnic medicinal materials in Guizhou Province[S]. Guiyang: Guizhou Science and Technology Press: 85. ［贵州省中药材、民族药材质量标准编审委员会，2003. 贵州省中药材、民族药材质量标准[S]. 贵阳：贵州科技出版社：85. ］

Editorial Committee of Flora Reipublicae Popularis Sinicae, CAS, 1985. Flora Reipublicae Popularis Sinicae (Volume 37) [M]. Beijing: Science Press: 315. [中国科学院中国植物志编辑委员会，1985. 中国植物志（第 37 卷）[M]. 北京：科学出版社：315.]

HUANG YA, 2008. Studies on chemical constituent and antibacterial activity of *Potentilla kleiniana* Wight.et Arn. [D]. Guiyang: Guizhou university. [黄易安，2008. 蛇含委陵菜的化学成分及抑菌活性研究[D]. 贵阳：贵州大学.]

KHARLAMOVA TV, 2007. Reaction of frangula-emodin with *α*-bromoalkylmethylketones[J]. Chem Nat Compd, 43(4): 391-394.

LUO YC, SUN QW, 2013. Natural medicines commonly used in Guizhou (Volume 2) [M]. Guiyang: Guizhou Science and Technology Press: 82-83. [罗迎春，孙庆文，2013. 贵州民族常用天然药物（第 2 卷）[M]. 贵阳：贵州科技出版社：82-83.]

LI SH, WU XJ, LIU YY, et al., 2011. Chemical constituents in *Potentilla kleiniana*[J]. Chin Trad Herb Drugs, 42(11): 2200-2203. [李胜华，伍贤进，牛友芽，等，2011. 蛇含委陵菜化学成分研究[J]. 中草药，42（11）：2200-2203.]

LI SH, WU XJ, ZENG JY, et al., 2014. Antihyperglycemic effect of total flavonoids from *Potentilla kleiniana* Wight et Arn. *in vitro* and *in vivo*[J]. Food Sci, 35(11): 246-250. [李胜华，伍贤进，曾军英，等，2014. 蛇含委陵菜总黄酮的体外和体内降血糖效果研究[J]. 食品科学，35（11）：246-250.]

LI S, KUANG HX, OKADA Y, et al., 2003. Studies on chemical constituents of *Bidens bipinnata* (I)[J]. Chin Trad Herb Drugs, 34(9): 782-785. [李帅，匡海学，冈田嘉仁，等，2003. 鬼针草化学成分的研究（I）[J]. 中草药，34（9）：782-785.]

LIU MZ, HUANG XQ, LIU Q, et al., 2019. Separation of *α*-glucosidase inhibitors from *Potentilla kleiniana* Wight et Arn. using solvent and flow-rate gradient high-speed counter-current chromatography target-guided by ultrafiltration HPLC-MS screening[J]. Phytochem Anal, 30(6): 661-668.

LIU J, WANG ZT, 2005. Effect of neoandrographolide on activated mouse macrophages *in vitro*[J]. Chin J Nat Med, 3(5): 308-311. [刘峻，王峥涛，2005. 新穿心莲内酯对体外活化小鼠巨噬细胞的影响[J]. 中国天然药物，3（5）：308-311.]

LIU T, LIAO XF, WU YT, et al., 2021. Research progress on anti-inflammatory effective components and mechanism of *Artemisiae argyi folium*[J]. Trad Chin Drug Res Clin Pharmacol, 32(3): 449-454. [刘涛，廖晓凤，吴燕婷，等，2021. 艾叶有效成分抗炎作用及其机制的研究进展[J]. 中药新药与临床药理，32（3）：449-454.]

LUO C, LI Y, LONG JG, et al., 2016. Pharmacological effects of isoorientin[J]. Space Med Med Eng, 29(5): 381-384. [罗成，李艳，龙建纲，等，2016. 异荭草素的药理作用[J]. 航天医学与医学工程，29（5）：381-384.]

PENG B, GAO ZP, HE W, et al., 2014. A new chromone glycoside from *Dryopteris fragrans* (II)[J]. Chin Trad Herb Drugs, 45(15): 2136-2138. [彭冰，高增平，何薇，等，2014. 香鳞毛蕨中 1 个新的色原酮苷（II）[J]. 中草药，45（15）：2136-2138.]

QU SY, WEI XD, SAI M, et al., 2020. Chemical constituents from *Rhodiola crenulate*[J]. Chin Trad Pat Med, 42(12): 3199-3023. [屈珅玥，魏小东，赛曼，等，2020. 大花红景天化学成分的研究[J]. 中成药，42（12）：3199-3023.]

SUN XW, YAN HJ, ZHANG YJ, et al., 2019. Preparative separation of diterpene lactones and flavones from *Andrographis paniculate* using off-line two-dimensional high-speed counter-current chromatography[J]. Molecules, 24(3): 620.

WAN SQ, LIU LY, LIU MS, et al., 2018. A study on the pharmacological mechanism of orientin [J]. J Med Res, 47(6): 183-186. [万思琦，刘立亚，刘梦思，等，2018. 荭草苷的药理作用机制研究[J]. 医学研究杂志，47（6）：183-186.]

WUBSHET SG, BRIGHENTE IMC, MOADDEL R, et al., 2015. Magnetic ligand fishing as a targeting tool for HPLC-HRMSSPE-NMR: *α*-glucosidase inhibitory ligands and alkylresorcinol glycosides from *Eugenia catharinae*[J]. J Nat Prod, 78(11): 2657-2665.

WU Q, BANG MH, CHO JG, et al., 2013. Phenolic compounds from the roots of *Brassica rapa* ssp. *campestris*[J]. Chem Nat Compd, 49(5): 852-856.

WU HX, WEI XY, FENG SX, et al., 2009. A study on the flavonoids of *Lespedeza hedysaroides* [J]. Acta Bot Boreal-Occident Sin, 29(9): 1905-1908. [吴洪新，魏孝义，冯世秀，等，2009. 尖叶胡枝子黄酮类化学成分的研究[J]. 西北植物学报，29（9）：1905-1908.]

YANG BY, LU ZK, LIU Y, et al., 2017. Isolation and identification of chemical constituents from stems of *Datura metel*[J]. Chin J Exp Trad Med Form, 23(17): 34-40. [杨炳友，卢震坤，刘艳，等，2017. 洋金花茎化学成分的分离鉴定[J]. 中国实验方剂学杂志，23（17）：34-40.]

YIN HQ, FU HW, HUA HM, et al., 2006. Chemical constituents of *Saussurea lappa* C.B Clarke[J]. J Shenyang Pharm Univ, 23(10): 641-643. [尹宏权，付红伟，华会明，等，2006. 云木香的化学成分[J]. 沈阳药科大学学报，23（10）：641-643.]

YE C, JIN M, JIN CS, et al., 2020. Inhibitory effects of chemical constituents from *Actinidia kolomikta* on LPS-induced inflammatory responses[J]. Rev Bras Farmacogn, 30(1): 127-131.

ZHOU X, SONG BA, JIN LH, et al., 2006 Isolation and inhibitory activity against ERK phosphorylation of hydroxyanthraquinones from rhubarb[J]. Bioorg Med Chem Lett, 16(3): 563-568.

ZHANG CG, ZHOU J, WANG S, et al., 2018. Anti-inflammatory and antibacterial activity of *Potentilla kleiniana* ethyl alcohol extractive[J]. Cent South Pharm, 16(11): 1547-1552. [张晨光，周晶，王珊，等，2018. 蛇含委陵菜乙醇提取物的抗炎及抑菌活性研究[J]. 中南药学，16（11）：1547-1552.]

ZHANG JQ, LI JK, WANG Y, et al., 2021. Steroids constituents from *Codonopsis pilosula* and their anti-inflammatory activities[J]. Chin Trad Pat Med, 43(1): 92-97. [张俊卿，李建宽，王妍，等，2021. 潞党参甾体类成分及其抗炎活性[J]. 中成药，43（1）：92-97.]